

太陽地球系結合過程の研究基盤形成

① ビジョンの概要

地球は太陽からの放射エネルギーと太陽風を受け、逆に赤外放射を行い物質が流入・流出する複合系で構成される。太陽地球系の結合過程を統一し定量的な理解を目指す。宇宙惑星科学と大気水圏科学を結合し、広大な領域を複合システムとして研究し、宇宙利用や大気変動予測に貢献する。太陽風、電磁気圏、大気圏の全域の稠密で継続的な観測と理論・シミュレーションの協働によって取り組む。

② ビジョンの内容

人工衛星の打上げ数が加速度的に増加し高度な宇宙利用が進んでいる。太陽風と地球近傍宇宙の連携研究が必要であり、衛星観測や地上観測のアーカイブ及びリアルタイム共有が研究の基盤となる。一方、地球では従来の温暖化予測を超える超長期の気候変動研究が新たな挑戦であり、超高層大気を含む全大気圏の観測によって取り組む。集中豪雨などの激甚気象の予測向上のためには小スケールの大気変動の研究が必要である。国際的な研究動向は ISC (国際学術会議) 傘下の SCOSTEP (太陽地球系物理学科学委員会) の国際研究計画 PRESTO (変動する太陽地球結合の予測可能性) で議論されている。以上の研究の結果、天気予報の時間空間範囲が拡大して宇宙に達し、宇宙環境の知見が拡大、航空宇宙産業の成長をサポートする。

③ 学術研究構想の名称

太陽地球系結合過程の研究基盤形成

④ 学術研究構想の概要

太陽風から地球までの地上設置観測装置群を整備し、太陽風変動、極域の電磁気圏変動、赤道域の全地球大気上下結合、全緯度域の電離圏・超高層・中層大気変動を 10 年以上にわたり観測・長期モニタリングする。観測データ共有システムを整備・拡張し、国際共同研究を推進する。

- 1) 赤道ファウンテン：太陽放射により励起された対流活動に起因するエネルギー・物質の噴流・循環過程を解明するため、インドネシアに赤道 MU レーダーを建設する。
- 2) 極域エネルギー流入過程：太陽風エネルギー流入により激しく変動する地球大気の応答過程を解明するため、EISCAT_3D レーダー（6ヶ国共同、国際的には建設中）を完成させる。
- 3) 太陽風伝搬過程：太陽から放出された太陽風の加速・伝搬過程を明らかにし、地球に対する影響を正確に予測するため、次世代太陽風観測装置を開発し、観測を開始する。
- 4) グローバル結合過程：地球大気及び周辺の宇宙空間におけるグローバルなエネルギーと物質の流れを明らかにするため、広域地上観測網を赤道から極域に展開する。
- 5) 観測データ統合解析：観測データベースを構築し、共同利用・共同研究を推進する。

⑤ 学術的な意義

地球大気研究の中で天気予報は偉大な成果であるが、より高い高度範囲までを取り扱うモデルが良い成績を示す。特に気候モデル（温暖化予測）において顕著な傾向であって、IPCC はモデルの最高高度を 70km 以上にすべきと勧告している。地球大気の研究を高度の上限を取り払って推進することは、学術上の要請が高い。一方、地球大気の上辺には電離圏や磁気圏と呼ばれる太陽紫外線による弱電離プラズマの領域が広がる。そこは人工衛星の活動領域でもある。太陽面の爆発に起因する高速の太陽風によってプラズマ環境が激変し、人工衛星の不具合を引き起こす。これに対抗するため、太陽風の経路を明らかにして衝撃波の到来予測の精度を上げていく必要がある。また太陽活動が気候にもたらす影響の解明も重要である。電離圏・磁気圏の環境は地球大気から伝わるエネルギーと運動量に大きく支配されている。地球大気の宇宙空間への流出も解明すべきテーマである。太陽近傍～地球近傍の宇宙～地球大気の一体的な研究には大きな意義がある。

本学術構想では、従来装置より感度が 10 倍の赤道 MU レーダーによる大気観測、従来より最大 100 倍の高解像観測を実現する EISCAT_3D レーダー、現在比で 10 倍の観測データが得られる太陽風観測装置、赤道から北極を結ぶ広域地上観測網を駆使して、太陽地球系物理学の全領域を守備範囲とする一体的な観測システム



図1 研究ビジョンの概要

を実現する。時間特性やエネルギー密度が極端に異なる現象の個別研究を融合することで、エネルギー再配分と物質輸送に関するブレークスルーを得る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本学術研究構想は、日本が創ってきた技術基盤に立脚した2つの大型レーダー、太陽風観測装置、日本が得意とする地上観測網を中心とする戦略的な提案である。欧米・中国・インドの成長が顕著だが、EISCAT_3Dレーダーが北極、赤道MUレーダーが赤道、次世代太陽風観測装置が太陽風の観測を強化することで、研究領域を日本が引き続きリードできる。赤道MUレーダーはインドネシアと共に建設準備を進めている。EISCAT_3Dレーダーは、北欧を中心とする国際共同により既に建設が開始されているため日本の参加が急務である。

⑦ 社会的価値

【地球環境変化予測・災害防止】大気レーダー等を用いた研究は極端気象の予報改善に貢献する。環境変動が顕在化する超高層大気の大気レーダー観測は、温暖化等の監視・予測に貢献する。太陽風および宇宙プラズマの研究は衛星システムの安全運用に寄与する。(SDGs 項目 13)

【産業振興】高性能レーダー開発、電波科学、信号処理技術、データ解析技術等について産学連携で新開発することで、国内外で産業振興を促す。(SDGs 項目 9)

【オープンデータ活用】レーダー等の多様な大気観測データがWDS (World Data System)として認定されている。本研究の取り組みは、データサイエンスの実例である。(SDGs 項目 4, 9)

【質の高い教育 (国際交流・若手育成)】最先端観測装置の国際共同利用を通じて、欧米のトップクラスの研究者との頭脳循環が促進される。アジア・アフリカを含む若手研究員・大学院生の人材育成を促進する。(SDGs 項目 4, 10, 17)

⑧ 実施計画等について

【実施計画】赤道MUレーダー、広域地上観測網、次世代太陽風観測装置は2～3年で設置できる。その後機器調整・予備観測を経て本観測を開始する。EISCAT_3Dレーダーは、欧州が2017年に設置開始した第1期部分が2024年から稼働する。日本は初期の観測に参加しつつ第2期の送信機設置に貢献する。EISCAT_3Dレーダーの本観測を第2期の完成後に始める。計画期間の後半に全装置が参加する集中観測を複数回実施する。

【実施機関と所要経費】

総経費 205 億円

1) 赤道MUレーダー (設備 100 億円、運営 20 億円 (10 年間))

京都大学生存圏研究所 (RISH)、協力：インドネシア国立研究革新庁 (BRIN)

2) EISCAT_3D レーダー (設備 25 億円、運営 10 億円 (10 年間))

国立極地研究所 (NIPR)、協力：名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE)、EISCAT 科学協会

3) 次世代太陽風観測装置設置 (設備 16 億円、運営 4 億円 (10 年間))
名古屋大学宇宙地球環境研究所

4) 広域地上観測網 (設備 10 億円、運営 10 億円 (10 年間))
名古屋大学宇宙地球環境研究所、九州大学国際宇宙惑星環境研究センター

5) 観測データ統合解析 (運営 10 億円)
IUGONET 運営協議会

6) 観測データ統合解析 (運営 10 億円)
IUGONET 運営協議会

⑨ 連絡先

山本 衛 (京都大学生存圏研究所)



図2 本学術研究構想で整備する観測装置群